

**Inkluzje w żywicach kopalnych i współczesnych  
(aspekt tafonomiczny i paleontologiczny)**

**VLADIMIR V. ZHERIKHIN**<sup>1</sup>, **IRINA D. SUKATSHEVA**<sup>1</sup>, **RÓŻA KULICKA**<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Paleontologicheskii Institut, Rossiyskaya Akademiya Nauk, Profsoyuznaya 123, 117997 Moscow, Russia, e-mail: lab@palaeoentomolog.ru (\* corresponding author)

<sup>2</sup> Muzeum Ziemi, Polska Akademia Nauk, Aleja Na Skarpie 20/26, 00-488 Warszawa

**ABSTRACT. Inclusions in fossil and extant resins (taphonomic and palaeontological aspects).**

The paper discusses the inclusions in fossil resins. Inclusions, in respect to their taphonomy are distinctive type of fossils, and important source of palaeontological data. Up to the present, the taphonomic aspects of inclusions were weakly recognised. Therefore the main purpose of the presented paper is the indication of these problems.

**KEY WORDS:** taphonomy, inclusions, fossil resins, extant resins.

**WSTĘP**

Tafonomia to dziedzina paleontologii, której prekursorem był wybitny rosyjski naukowiec profesor IVAN A. EFREMOV (1950). Nauka ta wyjaśnia reguły zachowania i konserwacji szczątków organicznych w stanie kopalnym. Dobrze jest znany przykład porównania procesu tafonomicznego z przesiewaniem wyjściowego stanu informacji biologicznej przez system sit, gdzie każde z nich wybiórczo zatrzymuje określoną informację. Cel paleontologii polega na tym, żeby jak można najpełniej rekonstruować stan pierwotny, mając jako podstawę końcowy rezultat przesiewania. Osiągnąć to można tylko metodą korekcji tafonomicznej faktycznych danych, która dopełni utraconą informację, drogą teoretycznego rozumowania. Tafonomia przeistacza paleontologię ze zbiorowiska różnorodnych danych o organizmach kopalnych w naukę o biotopach minionych czasów.

Inkluzje w żywicach kopalnych są ważnym źródłem informacji paleontologicznej, bardzo tafonomicznie odrębnym od wszystkich innych. Do tej pory tafonomia inkluzji opracowana jest niedostatecznie, dlatego głównym celem naszego artykułu jest zwrócenie uwagi na ten problem.

**OD BIOTY DO KOLEKCJI**

Droga od wyjściowej bioty do kolekcji badanych szczątków jest bardzo długa i składa się z pięciu głównych etapów. Pierwszy – to zbiór wyjściowy, zbiorowisko organizmów w konkretnym siedlisku. Drugi – tanatocenoza, zbiorowisko wymarłych organizmów w tym miejscu. Trzeci – tafocenoza, zbiorowisko szczątków, zachowanych w osadach. Czwarty – oryktocenoza, zbiór szczątków, znajdujących się w skałach

osadowych. Ostatni, piąty – to kolekcja zebrana do badania (ZHERIKHIN 2002).

Na każdym etapie nieuniknione są jakieś straty i zniekształcenia. Na przykład, w tanatocenozie gubią się osobniki, zjedzone przez drapieżniki lub nekrofagi, lub uniesione poza obszar biotopu wiatrem i wodą. Natomiast dołączone bywają inne osobniki przypadkowo przyniesione ze znajdujących się naokoło biotopów. Sytuacja może komplikować się jeszcze bardziej z konieczności dzielenia okresów – z jakichś względów – na etapy. Tafocenoza może przekształcić się w oryktocenozę w miarę diagenetycznych zmian w osadach; przy czym część szczątków ulegnie zniszczeniu i chemicznemu rozpuszczeniu. Gdy materiał skalny dozna zmian metamorficznych, część przedtem zachowanych egzemplarzy zginie pod wpływem czynników mechanicznych, chemicznych albo termicznych. W takim przypadku oryktocenoza I przekształci się w etap uboższej oryktocenozy II.

Istotną cechą tafonomiczną inkluzji jest zaistnienie co najmniej dwóch etapów w procesie ich przetrwania i odpowiednio dwóch kolejnych tafocenoz. Tafocenoza I tworzy się w przypadku trafienia osobnika do świeżej, płynnej jeszcze żywicy. Ale inkluzje zachowują się tylko wtedy, kiedy żywica stwardnieje i zostanie pogrzebana przez chroniące ją przed zniszczeniem osady lądowe (np. inkluzje w kredowych żywicach kopalnych), albo denne osady morskie (inkluzje zachowane w sukcyńcicie) tworzące tafocenozę II. Między tymi dwoma tafocenozami mogą zaistnieć jeszcze inne sytuacje – np. czasowe zachowanie żywicy w glebie.

Wydaje się, iż istnienie kolejnych dwóch tafocenoz dla inkluzji było koniecznością, zaś istnienie dwóch i więcej oryktocenoz tylko możliwością. Na przykład w procesie diagenetyzy osadów, żywica pod wpływem wysokich temperatur przeistacza się w rumenit. Inkluzje pozostają, lecz znacznie zdeformowane. Inną możliwość tworzenia wtórnych oryktocenoz można obserwować w trakcie przemieszania osadów pod wpływem działalności lodowca w plejstocenie (plejstocen Pobrzeża Bałtyku). Wspólne zachowanie różnowiekowych żywic w tej samej wtórnej oryktocenozie jest możliwe, ale stwarza nadzwyczajne trudności interpretacyjne.

Wszystkie czynniki, działające na tworzenie się zbioru organizmów kopalnych można z grubsza rozdzielić na pięć podstawowych grup.

1. Biotyczne i abiotyczne czynniki, działające w biotopie i mające wpływ na możliwość zachowania szczątków – nazywane ekologicznymi.
2. Następną grupą to czynniki działające na właściwości zachowanego obiektu.
3. Trzecia grupa – czynniki tafotopiczne, związane z warunkami środowiska.
4. Czynniki, działające w zależności od modyfikacji osadów przy ich lityfikacji (skamienieniu) i po niej, można nazwać diagenetycznymi (przekształcenie się osadów klastycznych w materiał skalny).
5. Czynniki techniczne – metody zbierania, stan zachowania i badanie skamieniałości.

W każdej z powyższych grup wydzielają się z jednej strony czynniki sprzyjające zachowaniu, czyli tafonomicznie pozytywne, z drugiej strony – przeszkadzające zachowaniu czyli tafonomicznie negatywne.

Wśród czynników ekologicznych najczęściej uwagi skupiają te, które mają bezpośredni wpływ na wydajność żywicy. Żywice produkowane są i wydzielane nie tylko przez rośliny nagozalążkowe (iglaste) lecz również przez rośliny okrytozalążkowe. Fizjologia wyciekania żywicy zbadana jest tylko dla niedużej liczby gatunków. Przypuszcza się, że wydajność żywicowania i w mniejszym stopniu skład chemiczny i cechy fizyczne mogą być zmienne nawet w obrębie jednego gatunku roślin. Te zmiany są uzależnione od czynników genetycznych i od wpływu środowiska zewnętrznego. Na ogół, pozytywnymi z punktu widzenia tafonomii mogą być wszystkie czynniki, które zwiększają intensywność żywicowania (na przykład mechaniczne draśnięcia i niektóre choroby drzew). Do pozytywnych mogą być zaliczane także czynniki zmniejszające lepkość świeżej żywicy i jej twardnienie.

Do żywicy trafiały organizmy w pewnym stopniu wybiórczo. Największą szansę na zachowanie mają drobne zwierzęta, zasiedlające biotopy leśne i żyjące na pniach drzew, lub regularnie je odwiedzające. To, że niektóre zwierzęta nie mają twardego szkieletu wewnętrznego czy zewnętrznego nie ma większego znaczenia, bo żywica dobrze zapobiega rozkładowi i mechanicznemu niszczeniu.

Przy innych typach przetrwania i zachowania się (w osadach skalnych) prawie zawsze przewagę mają stosunkowo duże organizmy wodne z mocnym szkieletem.

W skałach osadowych rzadko znajdują się szczątki nielatających lądowych owadów i innych bezkręgowców, które na ogół mają nikłą szansę przypadkowo wpaść do wody. Szczątki pająka w takim typie znalezisk spotyka się w przybliżeniu jeden na tysiąc owadów lądowych, co odbiega od warunków naturalnych. Mrówki w osadach są bardzo liczne, lecz reprezentowane prawie wyłącznie przez osobniki uskrzydłone. Zupełnie inna sytuacja jest w żywicach kopalnych. Ta różnica ma wyłącznie charakter tafonomiczny.

W zatapianiu się w żywicach wielkie znaczenie ma zachowanie się (behawior) owadów. Na przykład, współczesne mrówki w przypadku zabrudzenia się żywicą od razu zaczynają czyścić zabrudzone organy — najczęściej bywają to czułki. W rezultacie szamotania się owady jeszcze mocniej i głębiej zatapiają się w żywicy.

Zdolność do autotomii (utrąty organów) może mieć negatywne tafonomiczne znaczenie. Zwierzę ma szansę wydostać się z lepkiej pułapki straciwszy np. odnoża w przypadku muchówek z rodziny Tipulidae albo kosarzy z Opilionidae. Przykład sporadycznego występowania w bursztynie inkluzji motyli (Lepidoptera), w porównaniu z chruścikami (Trichoptera), może być wytłumaczony faktem, iż przyklejające się do lepkiej żywicy motyle pozostawiają łuski, zwłaszcza skrzydeł i mogą uratować się przed zatopieniem w żywicy ucieczką.

Niestety, niewiele jest danych o zachowaniu się owadów, lub innych zwierząt w kontakcie ze świeżą żywicą. Wiadomo tylko, że dla jednych gatunków żywica może być atraktantem (substancją przyciągającą), a dla drugich repelentem (substancją odstraszącą) (BRUES 1933; HURD & SMITH 1957; SKALSKI 1975). Wiadomo jeszcze, że dla wielu bezkręgowców żywica jest toksyczna. Oczywiście, te okoliczności działają

wybiórczo na możliwości zachowania się w żywicach. Trochę lepiej zbadany jest problem reprezentowania w żywicach populacji bezkręgowców różnych pięter roślinności.

## PUŁAPKI ŻYWICZNE

Badaliśmy współczesne żywice z różnych regionów Polski, Rosji i Japonii, w sumie ponad 13 kg okazów (ZHERIKHIN & SUKATSHEVA 1989). Szczegółowy opis wyników naszych badań nie jest tu możliwy, ale podajemy najważniejsze różnice, dla próby korelacji z fauną żywic kopalnych.

Przede wszystkim zwraca uwagę stosunkowo nieduża liczba muchówek (Diptera), które w żywicach kopalnych zwykle są grupą dominującą i to jako formy dorosłe (imagines). Co prawda, obraz ten jest odmienny w różnych żywicach. Na przykład, w retynitach zwykle dominują Chironomidae, a w sukcyinicie – Mycetophilidae, Dolichopodidae (od 35 do 70% w różnych żywicach kopalnych). Wprawdzie, muchówki dominują w żywicy współczesnej,

w środkowej strefie europejskiej części Rosji (niezależnie od gatunków drzew), ale szczególnie dzięki dużej liczbie poczwerek much, spotykanych bardzo rzadko w stanie kopalnym. Poczwarki te należą do muchówek, których larwy żyją tylko w żywicach. Może to świadczyć, że rezinikole (formy żyjące w żywicach) są grupą ewolucyjnie młodą.

Prawie we wszystkich zbadanych przez nas żywicach współczesnych dominują mrówki (20-40% wszystkich inkluzji, nie licząc poczwerek). Oprócz tego we wszystkich próbkach żywic niespodziewanie dużo stwierdzono okazów Raphidioptera, Dermaptera, Plecoptera i Diplopoda. Wytlumaczyć tego zjawiska na razie się nie udało. Tak samo niewyjaśniony pozostał liczny udział zaleszczotków w żywicy *Pinus halepensis* MILLER var. *stankewiczii* (SUKACZEV) FITSCH z Krymu. Bardzo dziwnym zjawiskiem można nazwać również zupełny brak Ephemeroptera i niewielką liczbę Trichoptera.

Stwierdzono również, że owady żyjące na krzewach, reprezentowane są w żywicach równie często jak te, które występowały na iglastych drzewach żywicodajnych. Natomiast liczba owadów żyjących wśród roślinności zielnej jest w żywicach reprezentowana nieproporcjonalnie niższa. Te dane są ciekawe dla interpretacji składu faun żywic kopalnych, są jednak wynikiem prac na materiałach z lasów iglastych i mieszanych w Palearktyce. Aby porównania fauny bursztynów z fauną żywic współczesnych były pełniejsze, konieczne jest rozszerzenie badań o faunę regionu sawanny.

Aczkolwiek różnica między zachowaniem inkluzji w żywicach a przetrwaniem skamieniałości jest zasadnicza, są czynniki, które z punktu widzenia tafonomii działają praktycznie uniwersalnie. Masowe rojenie się owadów zawsze jest czynnikiem tafonomicznie pozytywnym, w rezultacie którego, na przykład skrzydlate mrówki i termyty są znajdowane w dużej ilości we wszystkich rodzajach skamieniałości. Dlatego przypadki, kiedy ich szczątki są rzadkością, wyraźnie świadczą o rzeczywiście małej liczbie tych owadów w pierwotnej biocie.

## INKLUZJE

Powstanie inkluzji odbywa się w dwuetapowo, przy czym miejsca przetrwania, czyli tafotopy są zupełnie różne, odpowiednio jak i czynniki tafonomiczne. W pierwszym etapie (zamknięcie w żywicy) główne znaczenie ma liczba sopli żywicznych, ich rozmieszczenie i właściwości. W drugim etapie (przetrwanie samej żywicy) jest ważne rozmieszczenie drzew żywicodajnych i środowisko, do którego zostały żywice przeniesione i gdzie zdeponowane. Żywica jako mikrotafotop odznacza się szczególnymi właściwościami konserwującymi.

Inkluzje są dobrze zabezpieczone przed działalnością nekrofaagów, mikroarów i przed uszkodzeniem mechanicznym. Jednak, same żywice z biegiem czasu ulegają zniszczeniu i poddają się rozkładowi (zagadnienie czy i jak długo żywice są trwałe w warunkach naturalnych nie jest szczegółowo zbadane). Nie wiadomo, na przykład, jakim przemianom podlegają stare sople na pniach drzew, czy te, które dostają się do gleby. Znaleziska kopalin subfossylnych świadczą, że żywica może zachowywać się w glebie przez stulecia i nawet tysiąclecia, chociaż nie wyjaśniono zupełnie jakie warunki sprzyjają, a jakie przeszkadzają konserwacji żywicy (TURKIN & EZHOVA 1999).

Najbardziej sprzyjające zachowaniu się żywicy w osadach są doliny i delty rzek, dokąd prąd niesie pnie drzew, gałęzie, korę z rozległego terenu dorzecza rzeki. Właśnie w takich warunkach powstawała większość złóż żywicy kopalnych, między innymi i bursztynu bałtyckiego (z osadów chłapowsko-sambijskich). Inny rozpowszechniony przypadek – to przetrwanie żywicy w torfowiskach błotnych, przekształcających się w węgiel. W innych warunkach pierwotne nagromadzenia żywicy spotyka się rzadko. Okazuje się zatem, że tereny alimentacji dla żywicy kopalnych, zdeponowanych następnie w złożach, reprezentują bardzo ograniczone typy siedliskowe. Były to niemal wyłącznie lasy rosnące wzdłuż rzek czy na bagnach oraz na terenach górskich. Wymienione okoliczności zmniejszają możliwość wykorzystania kompleksu inkluzji dla rekonstrukcji minionej bioty, chociaż w określonej jednostce czasu pozwala na korelacje faunistyczne różnych rodzajów żywicy.

Główne czynniki diagenetyczne (polimeryzacja i wtórne zachowanie żywicy) już były rozpatrywane wyżej. Wśród czynników technicznych główne negatywne znaczenie ma mieszanie materiału z różnych warstw i nawet różnych znalezisk. Oprócz tego, często się zdarza rozdzielanie inkluzji w obrębie jednego sopla, albo formy sopłopodobnej (tak tworzone dawne XIX – XX wieczne kolekcje muzealne). Duża liczba egzemplarzy w starych kolekcjach oznaczona jest słowem “Samland”, lub wprost “bursztyn bałtycki”. Obecnie w literaturze fachowej już bardziej skrupulatnie podawane są opisy znalezisk i oznaczane syninkluzje, czyli wszystkie okazy współwystępujące z holotypami czy innymi opisywanymi czy analizowanymi okazami (KOTEJA 2000; SZADZIEWSKI 1993; SONTAG 2003). Taka metoda opracowywania materiału jest najlepsza. Analiza wspólnie zatopionych (w tym samym wycieku) inkluzji jest optymalnym instrumentem badań paleontologicznych żywicy kopalnych.

Większość nagromadzeń żywicy kopalnych powstała dzięki przeniesieniu materiału z rozległego i niejednorodnego terenu. Wskutek tego w tym samym pokładzie, a nawet w jednej warstwie mogą znajdować się bryłki żywicy, pochodzących z różnych źródeł

pierwotnych. Rekonstruować dawne biotopy z takiej mozaiki, można tylko na podstawie danych o syninkluzjach czyli inkluzjach z poszczególnych form naciekowych – sopli i form sopolopodobnych. Problem ten budził już zainteresowanie WHEELER'a (1915) w monografii mrówek zatopionych w bursztynie, ale był nierozwiązywalny z powodu nadzwyczajnej pracochłonności. Ostatnio ciekawa praca na ten temat przedstawiona została na podstawie opracowania materiału paleontologicznego z bursztynu libańskiego (AZAR et al. 2003) Obecnie, w dobie komputerowych baz danych, rozwiązanie tego problemu wydaje się możliwe.

Autorzy są serdecznie wdzięczni Pani Profesor Barbarze Kosmowskiej-Ceranowicz (Muzeum Ziemi PAN) i Panu Profesorowi Yuri'owi Popowowi (Instytut Paleontologiczny RAN) za pomoc w redagowaniu tekstu artykułu i poprawki językowej.

## PIŚMIENNICTWO

- AZAR. D., NEL A., GEZE R. 2003. Use of Lebanese amber inclusions in paleoenvironmental reconstruction, dating and paleobiogeography. *Acta zool. cracov.* (Ser. B: Invertebr.) 46 (Suppl.: Fossil Insects): 393-398.
- BRUES C.T. 1933. Progressive changes in the insect population of forest since the early Tertiary. *Am. Nat.* 47 (712): 385-405.
- EFREMOV I. A. 1950. Tafonomiya i geologicheskaya letopis (Taphonomy and Geological Record). *Trudy paleont. Inst. Akad. Nauk SSSR* 24: 1-177.
- HURD P. Y., SMITH R.F. 1957. The meaning of Mexico's amber. *Pacif. Discov.* 10(9): 6-7.
- KOTEJA J. 2000. Advances in the study of fossil coccids (Hemiptera: Coccinea). *Polskie Pismo Ent.* 69: 187-218.
- SONTAG E. 2003. Animal inclusions in a sample of unselected Baltic amber. *Acta zool. cracov.* (Ser. B: Invertebr.) 46 (Suppl.: Fossil Insects): 431-440.
- SKALSKI A. 1975. Notes on present status of botanical and zoological studies of amber. [In:] Studi e ricerche sulla problematica dell'ambra. Atti della cooperazione interdisciplinare italo-polacca. Consiglio Nazionale delle Ricerche. Vol. 1: 153-175.
- SZADZIEWSKI R. 1993. Biting midges (Diptera, Ceratopogonidae) from Miocene Saxonian amber. *Acta zool. cracov.* (Ser. B: Invertebr.) 35(3): 603-656.
- TURKIN N. I., EZHOVA E. E. 1999. Some regularities of the capture of plant remains in natural resins. [In:] KOSMOWSKA-CERANOWICZ B., PANER H. (Eds). Investigation into amber. Proceedings of the International Interdisciplinary Symposium Baltic Amber and Other Fossil Resins. The Archaeological Museum in Gdańsk, Museum of the Earth, Polish Academy of Sciences, Gdańsk: 93-98.
- WHEELER W. M. 1915. The ants of the Baltic amber. *Schr. phys.-ökon. Ges. Königsberg* 55: 1-142.
- ZHERIKHIN V.V. 2002. Patterns of insect burial and conservation. [In:] RASNITSYN A.P., QUICKE D. L. J. (Eds). History of Insects. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht: 17-63.
- ZHERIKHIN V. V., SUKATSheVA I. D. 1989. Patterns of the insects burial in resins. [In:] SOKOLOV B. S. (Ed.). Osadochnaya obolochka Zemli v prostranstve i vremeni. Stratigraphiya i paleontologiya (Sedimentary cover of the Earth in Space and Time. Stratigraphy and Paleontology). Nauka, Moskva: 84-92 [in Russian].